

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. September 2002 (12.09.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/071081 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01R 15/18, H01F 38/28

(74) Anwalt: SCHMUCKERMAIER, Bernhard; Westphal, Mussnug & Partner, Mozartstrasse 8, 80336 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/02191

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Februar 2002 (28.02.2002)

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(30) Angaben zur Priorität:
101 10 475.8 5. März 2001 (05.03.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): VACUUMSCHMELZE GMBH & CO. KG [DE/DE]; Grüner Weg 37, 63450 Hanau (DE).

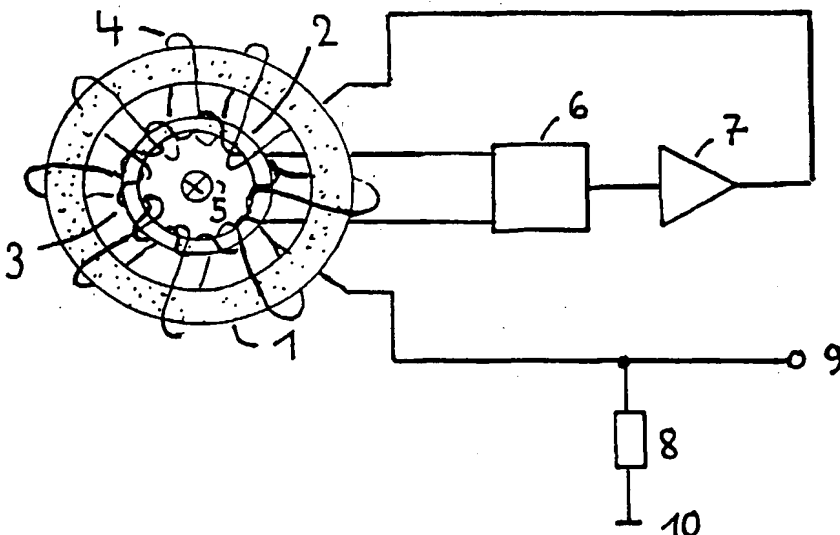
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHÄFER, Stefan [DE/DE]; Burgblick 5, 55452 Rummelsheim (DE).

(54) Title: TRANSFORMER FOR A CURRENT SENSOR

(54) Bezeichnung: ÜBERTRAGER FÜR EINEN STROMSENSOR



(57) Abstract: The invention relates to a transformer comprising a closed probe core (2) consisting of a soft magnetic material, a probe coil (3), at least part of which is wound around the probe core (2), a closed compensation core (1) consisting of soft magnetic material, and a compensation coil (4), at least part of which is wound around the probe core (2) and the compensation core (4). The probe core (2) and the compensation core (4) are arranged in relation to one another in such a way that a conductor (5), which carries a measuring current; can be guided through the probe core (2) and the compensation core (1).

(57) Zusammenfassung: Übertrager mit einem geschlossenen Sondenkern (2) aus weichmagnetischem Material, einer

Sondenwicklung (3), die zumindest abschnittsweise um den Sondenkern (2) gewickelt ist, einem geschlossenen Kompensationskern (1) aus weichmagnetischem Material, einer Kompensationswicklung (4), die zumindest abschnittsweise um Sondenkern (2) und Kompensationskern (4) gewickelt ist, wobei Sondenkern (2) und Kompensationskern (1) hindurchführbar ist.

WO 02/071081 A1

Beschreibung

Übertrager für einen Stromsensor

- 5 Die Erfindung betrifft einen Übertrager für einen Stromsensor.

Als Übertrager ist dabei eine magnetische Anordnung im allgemeinen Sinne zu verstehen, die mit einem Primärleiter magnetisch und die mit einer Auswerteelektronik elektrisch gekoppelt ist. Auf diese Weise wird ein Stromsensor gebildet, der die Erfassung des Stromes in dem Primärleiter erlaubt, wobei eine Stromerfassung für Gleichstrom und Wechselstrom gleichermaßen möglich ist.

15

Es sind beispielsweise sogenannte Kompensationsstromsensoren bekannt, die einen ringförmigen Magnetkern mit Luftspalt aufweisen. Der Magnetkern ist mit einer Sekundärwicklung (Kompensationswicklung) versehen. Der Primärleiter, d.h. der Leiter, der den zumessenden Strom führt, ist zentral durch den Magnetkern geführt. Im Luftspalt des Kerns befindet sich eine Magnetfeldsonde, die den Fluss im Magnetkern erfasst. Das Signal der Sonde wird über eine Verstärkerschaltung der Sekundärwicklung (Kompensationswicklung) zugeführt derart, dass der durch den Primärleiter induzierte magnetische Fluss ständig zu Null kompensiert wird. Der Sekundärstrom, der hierfür benötigt wird, ist dann streng proportional zum zu messenden Primärstrom. Ausgehend von einem geradlinigen Primärleiter wird der Proportionalitätsfaktor durch die Windungszahl der Sekundärwicklung (Kompensationswicklung) bestimmt. Als Magnetfeldsensor wird häufig eine nach dem Hall-Prinzip arbeitende Sonde insbesondere ein entsprechender integrierter Schaltkreis eingesetzt. Im Falle eines derartigen Hall-Sonde ist der Luftspalt unbedingt erforderlich, da die Magnetfeldempfindlichkeit relativ gering ist. Die Feldkonzentration durch den Magnetkern ist also erforderlich, um eine genügend hohe Empfindlichkeit des Regelkreises zu gewährleisten.

20
25
30
35

Die Verwendung einer Hall-Sonde hat den Nachteil eines deutlichen Offsets, das bedeutet, dass die Ausgangsspannung ohne anliegendes Magnetfeld von Null verschieden ist. Ferner hat
5 dieser Offset eine ausgeprägte Temperaturabhängigkeit. Dies führt nun zu einem deutlichen Offset mit ausgeprägter Temperaturabhängigkeit.

Des weiteren sind Kompensationsstromsensoren mit weichmagnetischer Magnetfeldsonde bekannt, wie sie beispielsweise in
10 der EP 0 294 590 A2 beschrieben sind. Bei dieser Lösung wird ein geschlossener Magnetkern verwendet. Neben dem Magnetkern ist mindestens ein mit einer Indikatorwicklung versehenes streifenförmiges Element aus amorphem weichmagnetischem Material
15 angeordnet. Dieses Element dient dann als Magnetfeldsonde. Zur Auswertung wird es mit Hilfe einer Indikatorwicklung pulsförmig bipolar magnetisiert und die Unsymmetrie der Strom- bzw. der Spannungsamplituden zur Ermittlung und Auswertung des Fehlableses benutzt. Diese Anordnung hat ge-
20 genüber der Anordnung mit Hall-Sonde den Vorteil, dass die Hysterese dieser Sonde verschwindend gering ist. Das führt beim Kompensationsstromsensor zu einem sehr kleinen Offset. Außerdem ist die Temperaturdrift einer derartigen Sonde in den meisten Fällen vernachlässigbar, so dass der Offset dar-
25 über hinaus auch temperaturstabil ist.

Die zuletzt genannte Anordnung hat jedoch den Nachteil, dass die Magnetfeldsonde das Feld des Primärleiters, d.h. das Feld im Luftraum, erfasst. Eine Flusskonzentration durch den Magnetkern findet nicht statt. Da es sich bei der Magnetfeldsonde um ein streifenförmiges Element handelt, ist die effektive Permeabilität des Magnetkerns der Sonde infolge der starken Scherung des magnetischen Kreises relativ gering. Das führt insgesamt zu einer mäßigen Empfindlichkeit der Magnetfeldsonde.
30 Eine geringe Empfindlichkeit der Magnetfeldsonde führt aber zu einer geringen Verstärkung in der ersten Stufe des

Regelkreises, so dass sich ein Offset der beteiligten Verstärker als Offset des gesamten Stromsensors bemerkbar macht.

Um diesen Nachteil zu vermeiden, wird bei der EP 0 294 590 A2 ein Luftspalt in den Magnetkern eingefügt. Dieser Luftspalt sorgt für eine Flusskonzentration am Ort der Sonde und damit zu einer höheren Empfindlichkeit der gesamten Anordnung. Damit ist der erste Nachteil der Anordnung ausgeschaltet.

- 10 Ein zweiter Nachteil dieser Anordnung liegt jedoch in einer gewissen Fremdfeldempfindlichkeit. Die Magnetfeldsonde bzw. die Magnetfeldsonden können genauso wie das Feld des Primärleiters und das der Kompensationsspule auch externe Magnetfelder nachweisen. Bei Einsatz von zwei Magnetfeldsonden kompensiert sich ein äußeres Feld, da die Sonden gegensinnig gepolt sind. Dies gilt aber nur bei einem vollständig homogenen äußeren Magnetfeld. Ein solches Magnetfeld ist aber in der Praxis in den seltensten Fällen gegeben, da äußere Magnetfelder von benachbarten Stromleitern oder beispielsweise Transformatoren ausgehen, die ein stark inhomogenes Magnetfeld ausstrahlen.
- 15
- 20

- Ein dritter Nachteil, der in der EP 0 294 590 A2 offenbarten Anordnung ist die Abhängigkeit von der Lage des Primärleiters. Eine hohe Genauigkeit hat diese Anordnung nur dann, wenn ein idealisiert unendlich langer Leiter exakt auf der Achse des Magnetkerns durch diesen geführt wird. Nur dann werden die Sonden genauso wie der Magnetkern durchflutet, so dass die strenge Proportionalität zwischen dem Sekundär- und dem Primärstrom gilt. Wird zum Beispiel der Primärleiter als Schlaufe über ein Ringsegment des Magnetkerns geführt, so wird an dieser Stelle ein sehr hoher Fluss in den Magnetkern eingespeist, während das H-Feld am Ort der Sonden deutlich geringer wird als bei der axialen Durchführung des Primärleiters. In diesem Fall wird der Sensor zwar immer noch ein stromlineares Ausgangssignal liefern, jedoch ist dessen Steigung wesentlich geringer als bei optimaler Auslegung und des-
- 25
- 30
- 35

sen Messbereich fällt wegen Sättigungseffekten im Magnetkern auch wesentlich geringer aus.

5 Diese Nachteile werden durch weitere im Stand der Technik beschriebene Maßnahmen ausgeglichen. Zu diesen Maßnahmen zählen die spezielle Bewicklung des Sensorstreifens (wie in der EP 0 538 578 beschrieben), die spezielle Form des gestapelten Magnetkerns (wie aus der EP 0 510 376 bekannt), die Verwendung eines Biegekerns (wie in der DE 197 20 010.9 offenbart) und
10 eine enge Kopplung zwischen Primärseite und Sekundärseite (entsprechend beispielsweise der DE 197 05 770.8).

Ausgehend von der in der EP 0 294 590 A2 beschriebenen Anordnung sei für die folgenden Betrachtungen nur eine einzige
15 Magnetfeldsonde vorausgesetzt. Der Luftspalt wird beibehalten, um eine ausreichende Empfindlichkeit der Magnetfeldsonde zu gewährleisten. Die Magnetfeldsonde ist jedoch in den Luftspalt des Magnetkerns bzw. in eine Tasche des Magnetkerns eingebracht. Dadurch wird zum einen die Fremdfeldempfindlichkeit erheblich reduziert, da der Magnetkern abschirmend
20 wirkt. Zum anderen wird eine Abhängigkeit von der Lage des Primärleiters vermieden, da jeder vom Primärleiter in den Magnetkern eingespeiste Fluss, die Magnetfeldsonde durchdringen muss. Diese kostengünstig fertigbaren Stromsensoren nach
25 dem Stand der Technik zeichnen sich damit durch die folgenden Eigenschaften aus:

1. Sie haben einen deutlich geringeren Offset als vergleichbare Stromsensoren mit Hall-Magnetfeldsonden, da
30 die Magnetfeldsonde keine Hysterese aufweist.

2. Sie haben eine geringere Fremdfeldempfindlichkeit.

3. Sie weisen nur eine sehr geringe Abhängigkeit von der Lage des Primärleiters auf.

4. Der Sensor ist sehr kostengünstig fertigbar, da der
35 Magnetkern aus zwei Stanz-/Biegeteilen besteht und die

Kompensationsspule aus einer einfachen Kastenwicklung besteht.

Andererseits sind aber auch mit derartigen Ausführungsformen Nachteile verbunden. So sitzt die Magnetfeldsonde im Luftspalt des Magnetkerns. Sie wird damit durch die Remanenz des Magnetkerns beeinflusst. Kostengünstig herstellbare Magnetkerne aus Nickel-/Eisenmaterial weisen eine gewisse Koerzitivfeldstärke auf, die zu einem einen remanenten Magnetfluss auch ohne äußere Aussteuerung führt. Die Enden des Magnetkerns im Luftspalt wirken wie Polflächen, d.h., dass auch ohne Aussteuerung hier ein gewisses Feld existiert, das die Magnetfeldsonde beeinflusst. Dies führt zu einem Offset des Stromsensors. Dieser Offset ist deutlich geringer als bei Stromsensoren mit Hall-Magnetfeldsonde, kann aber in gewissen Anwendungsfällen immer noch störend in Erscheinung treten. Bezüglich des Primärstromes liegt er in etwa in der Größenordnung von 50 bis 100 mA. Ein solcher Offset bedeutet eine Begrenzung des Messbereiches nach unten, da Ströme, die in der Größenordnung des Offsets liegen, nicht mehr exakt erfasst werden können.

Ein weiterer Nachteil der bekannten Anordnung ergibt sich aus der Tatsache, dass die Sekundärspule nur auf einem Sektor des Magnetkerns im Bereich der Magnetfeldsonde angebracht ist. Der Magnetfluss der Sekundärspule schließt sich nicht ausschließlich über den Magnetkern, sondern auch als Streufluss im Raum. Dieser Streufluss fehlt in den Bereichen des Magnetkerns außerhalb der Kompensationsspule zur Kompensation des durch den Primärleiter induzierten Flusses. Außerhalb der Kompensationsspule wird der Magnetkern daher proportional zur Stärke des Primärstromes angesteuert. Ab einem gewissen Primärstrom wird die Sättigungsflussdichte des Magnetkerns erreicht und der Magnetkern partiell gesättigt. Ab diesem Punkt wird der Stromsensor stark nichtlinear, d.h., dieser Effekt begrenzt den Messbereich des Stromsensors nach oben.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Stromsensor anzugeben, der zum einen die oben geschilderte Sättigungsproblematik vermeidet und zum anderen einen extrem geringen Offset aufweist.

5

Die Aufgabe wird gelöst durch einen Übertrager gemäß Patentanspruch 1. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

- 10 Erfindungsgemäße Übertrager zeichnen sich durch einen sehr großen Messbereich aus, wobei damit aufgebaute Stromsensoren dennoch kompakt und von ihrer konstruktiven Ausführung her einfach und kostengünstig zu gestalten sind. Sie haben insbesondere einen deutlich geringeren Offset als vergleichbare
- 15 Stromsensoren mit Hall-Magnetfeldsonden, da die Magnetfeldsonde keine Hysterese aufweist. Sie haben zudem eine geringere Fremdfeldempfindlichkeit und weisen nur eine sehr geringe Abhängigkeit von der Lage des Primärleiters auf. Der Sensor ist schließlich sehr kostengünstig fertigbar, da der Magnetkern aus zwei Stanz-/Biegeteilen und die Kompensationsspule aus einer einfachen Kastenwicklung bestehen kann.
- 20

- Erreicht wird dies im einzelnen durch einen Übertrager mit einem geschlossenen Sondenkern aus weichmagnetischem Material, einer Sondenwicklung, die zu mindestens Abschnittsweise um den Sondenkern gewickelt ist, einem geschlossenen Kompensationskern aus weichmagnetischem Material, und einer Kompensationswicklung, die zumindest Abschnittsweise um Sondenkern und Kompensationskern gewickelt ist, wobei Sondenkern und
- 25 Kompensationskern relativ zueinander derart angeordnet sind, dass ein dem Messstrom führender Leiter durch Sondenkern und Kompensationskern hindurchführbar ist. Dabei kann die Sondenwicklung und/oder die Kompensationswicklung nur teilweise oder bevorzugt vollständig um den gesamten Kernumfang herum
- 30 gewickelt werden. Durch die vollständige Bewicklung wird eine
- 35

symmetrische, streufeldarme Verteilung des Magnetfeldes erzielt.

5 Darüber hinaus kann als weichmagnetisches Material vorzugsweise beim Sondenkern, aber auch beim Kompensationskern oder bei beiden amorphes Metall bzw. nanokristallines Metall vorgesehen werden.

10 Bevorzugt werden Sondenkern und Kompensationskern als (runde) Ringkerne ausgebildet, wobei Sondenkern und Kompensationskern konzentrisch zueinander angeordnet sind. Weiterhin kann vorgesehen werden, dass der Sondenkern eine erheblich kleinere Querschnittsfläche als der Kompensationskern aufweist.

15 Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist ein weiterer geschlossener Kompensationskern vorgesehen, wobei die Sondenwicklung zumindest abschnittsweise nur um den Sondenkern gewickelt ist und die Kompensationswicklung zumindest abschnittsweise um Sondenkern und beide Kompensationskerne gewickelt ist. Dabei wird bevorzugt der Sondenkern zwischen den
20 beiden Kompensationskernen angeordnet. Auf diese Weise wird eine optimale Abschirmung von Kompensationskern und Kompensationswicklung und damit eine weitgehende Abschirmung vor Störfeldern erzielt.

25

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

30 Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Übertragers mit einem Kompensationskern in einer Anwendung bei einer allgemeinen Ausführungsform eines Stromsensors,

35 Figur 2 den Übertrager nach Figur 1 im Querschnitt,

Figur 3: eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Übertragers mit zwei Kompensationskernen in Verbindung mit einer speziellen Ausführungsform eines Stromsensors und

5

Figur 4 den Übertrager nach Figur 3 im Querschnitt.

Bei den in Figur 1 gezeigten Anwendungsfall wird ein erfindungsgemäßer Übertrager mit einem geschlossenen Kompensationskern 1 und einem geschlossenen Sondenkern 2 vorgesehen. Obwohl beide Kerne eine beliebige geschlossene Form (quadratisch, rechteckig, oval etc.) annehmen können, wurde bevorzugt die Ringform (Kreisform) gewählt, da diese am einfachsten herzustellen ist und in diesem Zusammenhang die besten Eigenschaften aufweist. Der Sondenkern ist dabei von kleinerem Durchmesser als der Kompensationskern und folglich im Innenraum des Kompensationskerns 1 angeordnet. Zwar wäre auch in gleicher Weise eine Platzierung des Sondenkerns im Außenraum des Kompensationskerns oder über dem Kompensationskern möglich, jedoch ist die Anordnung im Innenraum im Hinblick auf die Abschirmung von äußeren Störfeldern auf den Sondenkern 2 günstiger.

Um den Sondenkern 2 ist eine Sondenwicklung 3 über den gesamten Umfang des Sondenkerns 2 gewickelt. Das vollständige Umwickeln des Sondenkerns 2 hat den Vorteil, dass die Empfindlichkeit der Anordnung von Sondenkern 2 und Sondenwicklung 3 ortsunabhängig ist. Darüber hinaus ist eine Kompensationswicklung 4 vorgesehen, die ebenfalls aus den gleichen Gründen um den gesamten Umfang von Kompensationskern 1 und Sondenkern 2 gewickelt ist. Im Innenraum des Sondenkerns 2 und damit auch im Innenraum des Kompensationskerns 1 befindet sich schließlich ein den zu messenden Strom führender Leiter 5. Durch die geschlossene Ausführung von Sondenkern und Kompensationskern, sowie insbesondere die spezielle Anordnung beider wird erreicht, dass das gemessene Feld und damit der ge-

messene Strom unabhängig ist von der Lage des Leiters 5 im Innenraum von Sondenkern 2 und Kompensationskern 1.

Die in Figur 1 als Ausführungsbeispiel nur schematisch dargestellte Auswerteschaltung besteht aus einer Symmetriestufe 6 sowie einer dieser nachgeschalteten Verstärkerstufe 7. Die Symmetriestufe 6 ist eingangsseitig mit der Sondenwicklung 3 gekoppelt. Über die Symmetriestufe 6 wird der Sondenkern 2 bipolar magnetisiert. Aus der Unsymmetrie der zeitlichen Strom- bzw. Spannungsverläufe wird in dieser Stufe ein Ausgangssignal erzeugt, welches in der Verstärkerstufe 7 verstärkt wird und zur Ansteuerung der Kompensationswicklung 4 dient.

Der Ausgangsstrom der Verstärkerstufe 7 wird über einen (beispielsweise auf Massepotential 10 führenden) Widerstand 8 in die Kompensationsspule eingespeist. Im eingeregelter Zustand kompensiert das Feld dieses Stromes im Kompensationskern 1 sowie im Sondenkern 2 den magnetischen Fluss des Primärleiters 5. Dann ist der Ausgangsstrom der Verstärkerstufe 7 und damit der Spannungsabfall über dem Widerstand 8 proportional zum im Primärleiter 5 fließenden Primärstrom.

In Figur 2 ist der Aufbau des erfindungsgemäßen Übertragers nach Figur 1 im Querschnitt dargestellt. Zu ersehen ist dabei, dass Kompensationskern 1 und Sondenkern 2 unterschiedliche Querschnitte aufweisen. In den Zwischenraum zwischen Kompensationskern 1 und Sondenkern 2 ist ein Teil der Sondenwicklung 3 untergebracht. Um Kompensationskern 1, Sondenkern 2 und Sondenwicklung 3 ist schließlich die Kompensationswicklung 4 herumgewickelt.

Eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Übertragers in Verbindung mit einer im Detail dargestellten Auswerteschaltung ist in Figur 3 gezeigt. Gegenüber dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 ist der Übertrager nach Figur 3 dahingehend erweitert, dass ein zusätzlicher Kompensationskern 11

in dem Innenraum des Sondenkerns 2 und damit im Innenraum des Kompensationskerns 1 angeordnet ist. Der weitere Kompensationskern 11 ist dabei zwischen dem Sondenkern 2 und dem Leiter 5 platziert. Während die Sondenwicklung 2 gegenüber dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 unverändert bleibt, ist die Kompensationswicklung 4 um Sondenkern 2, Sondenwicklung 3 sowie die beiden Kompensationskerne 1 und 11 gewickelt.

Die nachfolgende Auswerteschaltung besteht aus einer Symmetriestufe 12 sowie einer dieser nachgeschalteten Pulsweitenverstärker 13. Die Symmetriestufe 12 ist eingangsseitig mit der Sondenwicklung 3 gekoppelt. Über die Symmetriestufe 12 wird der Sondenkern 2 bipolar magnetisiert. Der Unsymmetrie der zeitlichen Strom- bzw. Spannungsverläufe entsprechend wird in dieser Stufe ein Ausgangssignal erzeugt, welches den nachgeschalteten Pulsweitenverstärker 13 ansteuert, dessen symmetrisches Ausgangssignal unter Zwischenschaltung zweier Treiberstufen 14, 15, einer (symmetrischen) Filterstufe 16 und eines Widerstands 17 seinerseits zur Ansteuerung der Kompensationswicklung 4 dient. Im eingeregelter Zustand kompensiert wiederum das Feld dieses Stromes im Kompensationskern 1 sowie im Sondenkern 2 den magnetischen Fluss des Primärleiters 5. Dann ist der vom Pulsweitenverstärker 13 erzeugte Ausgangsstrom und damit der Spannungsabfall über dem Widerstand 17 proportional zu dem im Primärleiter 5 fließenden Primärstrom.

Die Symmetriestufe 12 kann beispielsweise einen Schmitt-Trigger mit symmetrischem Eingang und symmetrischem Ausgang aufweisen, wobei der Ausgang zur Ansteuerung der Sondenwicklung 3 vorgesehen ist. Die vom Ausgang des Schmitt-Triggers an die Sondenwicklung 3 angelegte Spannung erzeugt in der Sondenwicklung 3 einen Strom, der zudem vom zusätzlichen, von Kompensationswicklung 4 und Primärleiter 5 erzeugten Fluss im Sondenkern 2 beeinflusst wird. Der Strom wird vom Eingang des Schmitt-Triggers mittels eines Widerstands 18 wiederum erfasst. Ein pulsweitenmoduliertes Signal am Ausgang der Sym-

metriestufe 12 gibt dann die Unsymmetrie zwischen Eingangs- und Ausgangssignal am Schmitt-Trigger und damit die Unsymmetrie zwischen Strom und Spannung an der Sondenwicklung 3 wieder. Dieses Pulsweitesignal wird dann vom Pulsweitenverstärker 13 aufbereitet. Der Pulsweitenverstärker 13 wird dazu von einer externen Taktsignalquelle 19 über einen Frequenzteiler 20 getaktet.

Schließlich wird die Spannung über dem Widerstand 17, die dem im Primärleiter 5 fließenden Strom proportional ist, mittels eines Differenzverstärkers 21 abgenommen und steht dann als Ausgangsspannung 22 (oder Ausgangsstrom) zur Verfügung.

Als Kernmaterial für den Sondenkern 2 wird bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 nanokristallines Material vorgesehen, während beim Ausführungsbeispiel nach Figur 2 amorphes Metall verwendet wird (oder umgekehrt). Als Kernmaterial für den Kompensationskern 4 wird dagegen in beiden Fällen NiFe-Material benutzt.

In Figur 4 ist der Querschnitt eines Teils des Übertragers nach Figur 3 gezeigt. Die beiden Kompensationskerne 1 und 11 flankieren dabei den Sondenkern 2 zu beiden Seiten in radialer Richtung der drei Kerne. Dabei ist die Querschnittsfläche des Sondenkerns 2 kleiner als die Querschnittsfläche eines jeden der beiden Kompensationskerne 1, 11, die beim Ausführungsbeispiel die gleiche Querschnittsfläche aufweisen. Darüber hinaus ist die Höhe des Sondenkerns 2 geringer als die Höhe der beiden Kompensationskerne 1, 11.

Die Sondenwicklung 3 ist dabei so angeordnet, dass sie maximal die Höhe der beiden Kompensationskerne 1 und 11 erreicht. Um die Kompensationskerne 1, 11, den Sondenkern 2 sowie die Sondenwicklung 3 herumgewickelt ist schließlich die Kompensationswicklung 4. Da der zweite Querschnitt identisch zum ersten ist, wurde in der Zeichnung der Übertrager lediglich hälftig dargestellt.

Als Magnetfeldsonde wird also bei den gezeigten Ausführungsbeispielen ein geschlossener, vorzugsweise ringförmiger Magnetkern aus amorphen oder nanokristallinen Metall verwendet.

5 Der Ringkern ist mit einer Wicklung versehen, die vorzugsweise symmetrisch, den gesamten Kern umschließt. Mit Hilfe der Wicklung wird der Magnetkern periodisch oder impulsförmig bipolar magnetisiert und die Unsymmetrie der Strom- bzw. der Spannungsamplituden wird zur Auswertung des Fehlableses
10 benutzt.

Ein zweiter geschlossener, vorzugsweise ringförmiger Magnetkern wird in der Ebene des Sondenkerne vorzugsweise konzentrisch mit dem Sondenkern angeordnet. Beide Kerne sowie die
15 Wicklung des Sondenkerne werden von der Sekundärwicklung umschlossen. Der Primärleiter ist durch die Öffnungen beider Kerne geführt. Durch die Auswerteschaltung wird in die Kompensationswicklung ein Strom eingespeist, der in beiden Kernen zu jeder Zeit den magnetischen Fluss des Primärleiters
20 kompensiert. Der Kompensationsstrom ist damit proportional zum Primärstrom.

Bei einer Anordnung wie beispielsweise in Figur 1 oder 3 gezeigt kann ein Primärstrom auch ohne Erzeugung eines Kompensationsstromes über die Kompensationswicklung gemessen werden.
25 Bei kleinen Primärströmen erhält man mit einer entsprechend ausgelegten Symmetriestufe ein proportionales, annähernd offsetfreies Ausgangssignal, wenn über ein Steuersignal die Treiberstufe(n) (Verstärkerstufe) hochohmig geschaltet
30 werden. Der Stromsensor bietet somit die Möglichkeit einer Strommessbereichsumschaltung.

Bei kleinen Strömen kann durch große lineare Verstärkung der Symmetriestufe mit dem Ausgangssignal dieser Stufe unter Umständen sehr genau gemessen werden. Überschreitet der Primärstrom eine festgelegte Schwelle, so kann die Verstärkerstufe
35 (z. B. 7) zugeschaltet werden. Der Sensor misst dann als Kom-

pensionsstromsensor sehr große Primärströme. Ein derartiger Stromsensor besitzt einen extrem großen Dynamikbereich.

Patentansprüche

1. Übertrager für einen Stromsensor mit
einem geschlossenen Sondenkern (2) aus weichmagnetischem
5 Material,
einer Sondenwicklung (3), die zumindest abschnittsweise
um den Sondenkern (2) gewickelt ist,
einem geschlossenen Kompensationskern (1) aus weichmagne-
tischem Material,
10 einer Kompensationswicklung (4), die zumindest ab-
schnittsweise um Sondenkern (2) und Kompensationskern (4) ge-
wickelt ist, wobei
Sondenkern (2) und Kompensationskern (4) relativ zueinan-
der derart angeordnet sind, dass
15 ein den Messstrom führender Leiter (5) durch Sondenkern
(2) und Kompensationskern (1) hindurchführbar ist.
2. Übertrager nach Anspruch 1, bei dem der Sondenkern (2)
über den gesamten Umfang gleichmäßig von der Sondenwicklung
20 (3) umwickelt ist.
3. Übertrager nach Anspruch 1 oder 2, bei dem Sondenkern
und Kompensationskern (1) über den gesamten Umfang gleichmä-
ßig von der Kompensationswicklung (4) umwickelt ist.
25
4. Übertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem
als weichmagnetisches Material des Sondenkerns (2) amorphes
Metall vorgesehen ist.
- 30 5. Übertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem
als weichmagnetisches Material des Sondenkerns (2) na-
nokristallines Metall vorgesehen ist.
6. Übertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem
35 Sondenkern (2) und Kompensationskern (1) als Ringkerne ausge-
bildet sind und

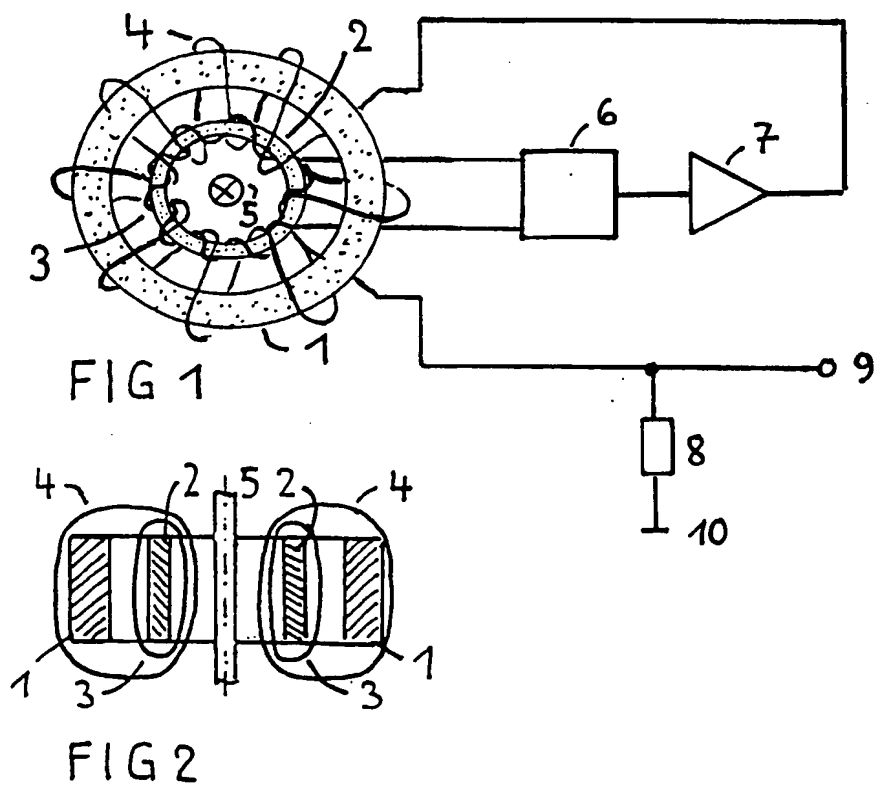
Sondenkern (2) und Kompensationskern (1) konzentrisch zueinander angeordnet sind.

5 7. Übertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der Sondenkern (2) eine kleinere Querschnittsfläche als der Kompensationskern (1) aufweist.

10 8. Übertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem ein weiterer geschlossener Kompensationskern (11) vorgesehen ist, wobei die Sondenwicklung (3) zumindest abschnittsweise um den Sondenkern (2) gewickelt ist und die Kompensationswicklung (4) zumindest abschnittsweise um Sondenkern (2) und beide Kompensationskerne (1, 15) gewickelt ist.

15 9. Übertrager nach Anspruch 8, bei dem der Sondenkern (2) zwischen den beiden Kompensationskernen (1, 11) angeordnet ist.

1/2



2/2

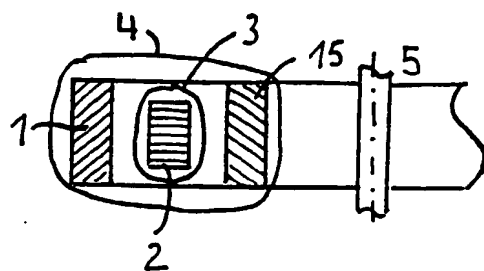
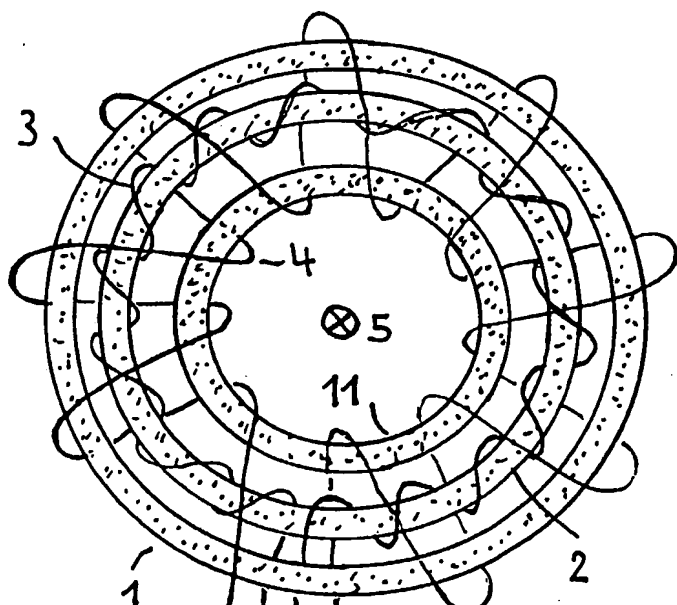
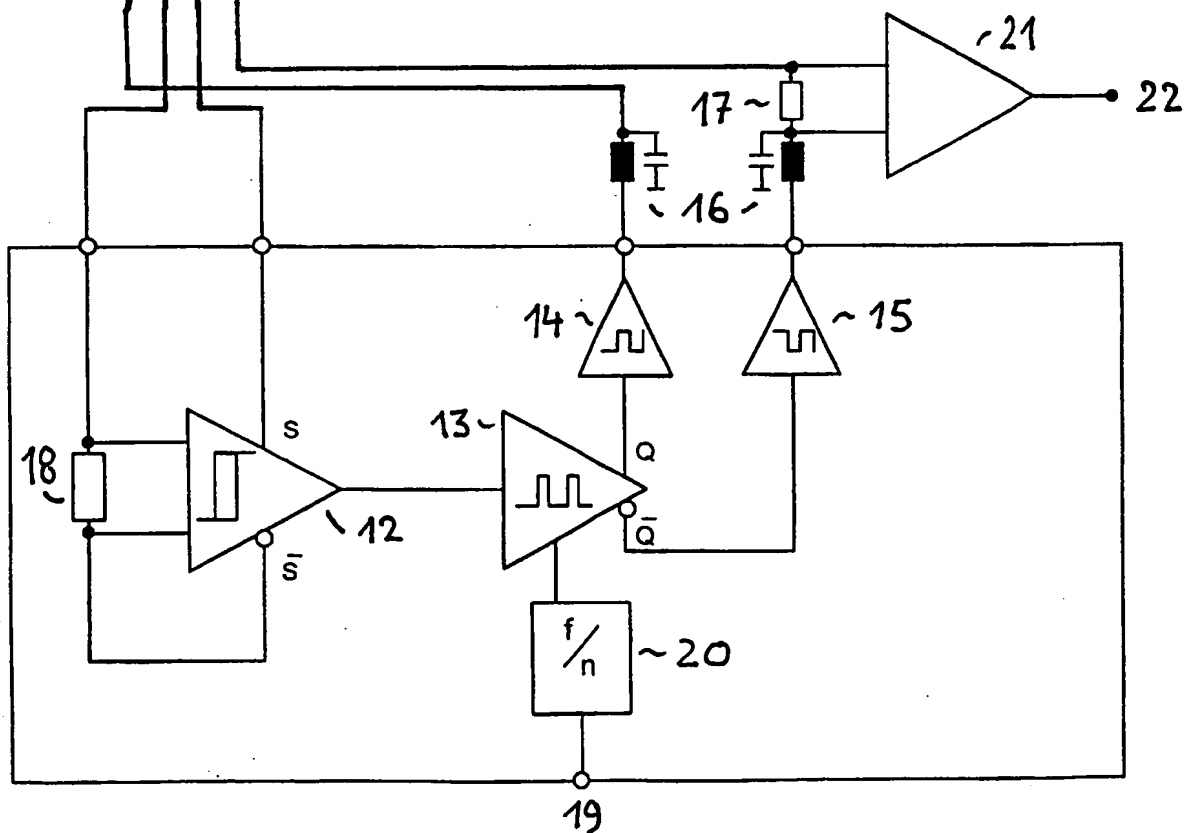


FIG 4

FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No

PCT/EP 02/02191

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G01R15/18 H01F38/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 538 578 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 28 April 1993 (1993-04-28) cited in the application abstract ----	1
A	EP 0 294 590 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 14 December 1988 (1988-12-14) cited in the application column 2, line 15 - line 33; figure 1 ----	1
A	US 6 191 673 B1 (NAKAZAKI KAZUHIRO ET AL) 20 February 2001 (2001-02-20) column 3, line 49 - column 4, line 67; figures 1,2 -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 June 2002

Date of mailing of the international search report

18/06/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marti Almeda, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

national Application No
PCT/EP 02/02191

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0538578	A	28-04-1993	DE	4130999 A1	25-03-1993
			DE	59208544 D1	03-07-1997
			EP	0538578 A1	28-04-1993
			ES	2102432 T3	01-08-1997
			FI	923748 A	19-03-1993
EP 0294590	A	14-12-1988	DE	3718857 A1	22-12-1988
			DE	3882813 D1	09-09-1993
			EP	0294590 A2	14-12-1988
			JP	1016967 A	20-01-1989
			JP	2650211 B2	03-09-1997
US 6191673	B1	20-02-2001	JP	2000040631 A	08-02-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

nationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/02191

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G01R15/18 H01F38/28

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G01R H01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 538 578 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 28. April 1993 (1993-04-28) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung ----	1
A	EP 0 294 590 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 14. Dezember 1988 (1988-12-14) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeile 15 - Zeile 33; Abbildung 1 ----	1
A	US 6 191 673 B1 (NAKAZAKI KAZUHIRO ET AL) 20. Februar 2001 (2001-02-20) Spalte 3, Zeile 49 - Spalte 4, Zeile 67; Abbildungen 1,2 -----	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

S Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Juni 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/06/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Marti Almeda, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

nationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/02191

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0538578	A	28-04-1993	DE 4130999 A1 25-03-1993
			DE 59208544 D1 03-07-1997
			EP 0538578 A1 28-04-1993
			ES 2102432 T3 01-08-1997
			FI 923748 A 19-03-1993
EP 0294590	A	14-12-1988	DE 3718857 A1 22-12-1988
			DE 3882813 D1 09-09-1993
			EP 0294590 A2 14-12-1988
			JP 1016967 A 20-01-1989
			JP 2650211 B2 03-09-1997
US 6191673	B1	20-02-2001	JP 2000040631 A 08-02-2000